

УДК [712.5(282.3):627.8.059.22]:[519.2:311]

Г. И. Касперов, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой (БГТУ);
В. Е. Левкевич, кандидат технических наук, доцент (КИИ МЧС Республики Беларусь);
С. М. Пастухов, кандидат технических наук, доцент (КИИ МЧС Республики Беларусь);
А. В. Бузук, преподаватель (КИИ МЧС Республики Беларусь)

ОЦЕНКА УЩЕРБОВ ОТ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ НА ВОДНЫХ ОБЪЕКТАХ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

В статье приведена методика, а также оценка ущерба от чрезвычайных ситуаций на искусственных водных объектах, разработанная с целью проведения мероприятий по предупреждению возможных аварийных ситуаций на этих объектах.

The article presents the methodology and the results of artificial water objects emergencies damage evaluation conducted to take measures to prevent possible accidents in these objects.

Введение. В соответствии с классификацией [1], видами чрезвычайных ситуаций (ЧС) на гидротехнических сооружениях (ГТС) являются: аварии на очистных сооружениях сточных вод с массовым выбросом загрязняющих веществ; прорывы плотин с возникновением волн прорыва, катастрофических затоплений или прорывного паводка; аварийный спуск водохранилищ гидроэлектростанций в связи с угрозой прорыва плотин.

Все ГТС подпорного типа удерживают в своей системе большие объемы кинетической энергии водных масс. Так, например, Братское водохранилище на р. Ангаре удерживает $169,3 \text{ км}^3$ воды, Красноярское на р. Енисей – $73,3 \text{ км}^3$, а Вилейское водохранилище – $0,26 \text{ км}^3$. Эти водные массы способны при авариях произвести разрушительное действие на огромных территориях, расположенных как в верхнем, так и нижнем бьефе. Такие аварии усугубляются тем, что большинство ГТС возводилось и возводится в густонаселенных районах, промышленных зонах и в районах с развитой системой инфраструктуры.

Основная часть. За последние 100 лет, начиная с 1900 года, ежегодный риск разрушений и повреждений бетонных плотин, составляет соответственно $0,34 \cdot 10^{-4}$ и $0,45 \cdot 10^{-3}$, при этом ежегодный глобальный риск человеческих жертв от аварий всех типов плотин составляет $5,1 \cdot 10^{-8}$. Всегда аварии на ГТС сопровождались масштабными последствиями: гибелью людей, разрушением жилищ, объектов экономики, ухудшением и деградацией окружающей среды. Как показал тысячелетний опыт эксплуатации ГТС, главными факторами, приводящими к авариям на таких сооружениях, являются природные факторы, большинство из которых вызываются климатическими процессами (ураганами, ливнями, снегопадами, смерчами и т. д.).

В табл. 1 перечислены основные природные и антропогенные факторы, способные вызвать

разрушения ГТС, приведены основные виды аварий, а также сопутствующие процессы и явления, усиливающие или ослабляющие аварию.

Исходя из классификационных признаков возможных аварий на ГТС, а также в целях обоснования принятой методики оценки вероятного ущерба установлены основные сценарии аварии:

- постепенное переполнение водохранилища из-за превышения расходом приточности сбросного расхода при исчерпанной регулирующей емкости водохранилища;
- возникновение в водохранилище чрезвычайно больших волн;
- разрушение напорного фронта гидроузлов без аварийного повышения уровня верхнего бьефа.

В основу разработанной методики положен метод укрупненных показателей, который базируется на использовании данных о параметрах аварии и данных макроэкономического развития регионов, подверженных негативному воздействию этой аварии.

Оценку ущерба от ЧС на водном объекте рассмотрим для двух типов водохранилищ – руслового и озерно-наливного (табл. 2). На начальном этапе по статистическим данным [2], а также по справочным, литературным и иным источникам определяются общие показатели по водохранилищу. Зона катастрофического затопления (табл. 3) с нанесением обстановки определялась с использованием программы «Волна».

По результатам расчета волны прорыва на топографических картах местности заданного масштаба наносятся в изолиниях (цветовой заливке) следующие параметры:

- максимальные (за время паводка) глубины затопления в метрах (карта глубин затопления);
- максимальные модули скорости течения в метрах на секунду (карта скоростей);
- продолжительность затопления в сутках (карта времен затопления).

На основании исходных данных об аварии на ГТС и топографических планшетов, на которых нанесена зона катастрофического затопления ниже гидроузла, определены характеристики параметров прорыва (табл. 4).

На основании рассчитанных натуральных показателей вероятного вреда производится стоимостная оценка ущерба от аварии ГТС.

Общий ущерб от ЧС определяется по формуле:

$$Y_{\text{общ}} = Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4 + Y_5 + Y_6 + Y_7 + Y_8 + Y_9 + Y_{10}, \quad (1)$$

где $Y_{\text{общ}}$ – общий ущерб; Y_1 – ущерб, наносимый промышленным объектам; Y_2 – ущерб, наносимый сельскохозяйственному производ-

ству; Y_3 – ущерб элементам транспорта и связи; Y_4 – ущерб жилому фонду; Y_5 – ущерб лесному хозяйству; Y_6 – расходы на ликвидацию последствий аварии; Y_7 – ущерб рыбному хозяйству; Y_8 – ущерб, вызванный нарушением водоснабжения из-за аварии водозаборных сооружений; Y_9 – ущерб, вызываемый повреждением или разрушением в зоне затопления объектов, на которых получают, перерабатывают или хранят опасные вещества. Y_{10} – прочие виды ущерба.

По промобъектам и населенным пунктам ущерб определен (табл. 5) при условии, что параметры гидродинамической аварии превышают показатели воздействия паводка 1%-ной обеспеченности, по мостовым переходам – 0,3%-ной, по сельхозугодьям – 5%-ной.

Таблица 1

Факторы риска, последствия разрушения ГТС

Факторы риска	Природные факторы: экстремальные половодья и паводки, ледовые явления, сгонно-нагонные процессы, опасные метеорологические явления (бури, ураганы, ливни, снегопады, смерчи), цунами, оползни, обвалы, снежные лавины и сели, подвижки ледников, вулканические извержения, землетрясения. Антропогенные факторы: ошибки при проектировании сооружений, несоблюдение строительных норм и правил их эксплуатации, некомпетентность и халатность обслуживающего персонала, террористические акты и военные действия
Вид аварий	– сверхнормативный сброс воды; – перелив через гребень плотины; – повреждение или размыв тела плотины и береговых сооружений; – нарушение фильтрационной прочности различных частей гидроузла; – нарушение устойчивости или чрезмерные перемещения сооружений; – неисправность, повреждение технологического оборудования
Поражающие факторы	Основные поражающие факторы гидродинамических аварий, связанные с разрушением ГТС: – волна прорыва; – затопление местности. Поражающее действие волны прорыва проявляется в виде ударного воздействия на людей и сооружения массы воды, движущейся с большой скоростью, и перемещаемых ею обломков разрушенных зданий и сооружений, других предметов
Вторичные поражающие факторы	ЧС в зоне затопления часто сопровождаются вторичными поражающими факторами: – пожарами из-за обрывов и короткого замыкания электрических кабелей и проводов; – оползнями и обвалами в результате размыва грунта; – инфекционными заболеваниями по причине загрязнения питьевой воды и резкого ухудшения санитарно-эпидемиологического состояния в зоне затопления и вблизи нее, особенно в летнее время

Таблица 2

Характеристика водохранилищ

Тип	Площадь км ²	Объем, млн.м ³	Назначение
Наливное	11,87	17,5	Водоснабжение, гидроэнергетики и рыбное хозяйство
Озерно-русловое	3,8	14,1	Рыбное хозяйство и рекреация

Таблица 3

Характеристика территории затопления

Тип водохранилища	Площадь затопления, км ²				
	Населенные пункты	Лесные площади	Сельхозугодья	Прочие земли	Общая
Наливное	6	17	20	15	58
Озерно-русловое	1,2	0,3	12,2	4,8	18,5

Таблица 4

Характеристика параметров прорыва

Параметры прорыва	Значение параметров по № створов для водохранилищ (наливное / озерно-русловое)					
	1	2	3	4	5	6
1. Удаление створа от ГУ, км	0,5/0,6	6,5/1,1	15,7/2,7	18,9/4,1	22,7/4,9	24,7/8,1
2. Макс. расход воды, м ³ /с	0,64/1,48	0,54/1,54	0,46/1,79	0,42/2,07	0,39/2,28	0,38/3,79
3. Время, мин, добегания:						
3.1 фронта волны	2,7/9	36/39	96/133	116/216	155/253	192/452
3.2 гребня волны	6,2/0,6	68/1,1	179/2,6	217/3,9	221/4,7	243/7,8
3.3 хвоста волны	939/326	1138/343	1445/397	1552/443	1679/470	1745/576
3.4 затопления	936/317	1102/304	1349/263	1436/227	1534/206	1553/124
4. Макс. скорость течения, м/с	4,09/0,28	2,76/0,28	3,02/0,28	3,04/0,28	0,23/0,28	2,7/0,28
5. Высота волны, м	3,35/0,06	2,15/0,06	1,96/0,06	2,07/0,06	0,02/0,06	1,62/0,06
6. Макс. глубина затопления, м	5,55/3,06	4,15/3,06	4,95/3,06	4,57/3,06	2,0-2/3,06	2,42/3,06
7. Макс. ширина затопления, м, по берегу:						
7.1 левому	252/11	273/9	333/74	33/89	24/472	195/968
7.2 правому	109/16	214/16	75/38	342/42	42/89	194/1143

Таблица 5

Расчет ущерба от ЧС на водном объекте

Водохранилище	Ущерб, млрд. руб.										
	У ₁	У ₂	У ₃	У ₄	У ₅	У ₆	У ₇	У ₈	У ₉	У ₁₀	У _{общ}
1	34,99	0,04	48,25	67,1	11,54	29,0	2,14	0,01	–	18,0	211,08
2	–	0,02	4,20	8,10	0,10	2,46	0,23	0,01	–	1,48	16,60

Примечание. 1 – наливное, 2 – озерно-русловое.

Заключение. Разработанная в рамках выполнения задания 2.1.02 «Разработка методик, алгоритмов и программных средств для оценки ущерба от чрезвычайных ситуаций на водных объектах Республики Беларусь различного типа» Государственной программы прикладных научных исследований «Информатика и космос, научное обеспечение безопасности и защиты от чрезвычайных ситуаций» методика по оценке ущерба от чрезвычайных ситуаций на искусственных водных объектах внедрена в деятельность всех областных управлений МЧС Республики Беларусь для принятия органами управления и комиссиями по ЧС

при исполнительных комитетах решений по защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций и оценки ущерба от них.

Литература

1. Инструкция о классификации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера: утв. Постановлением МЧС Респ. Беларусь 19 февр. 2003 г. № 17. – Минск: 2003. – 92 с.
2. Статистический ежегодник Республики Беларусь за 2012 г. / Национальный статистический комитет Респ. Беларусь; редкол.: В. И. Зинковский [и др.]. – Минск: 2012. – 715 с.

Поступила 20.02.2014